

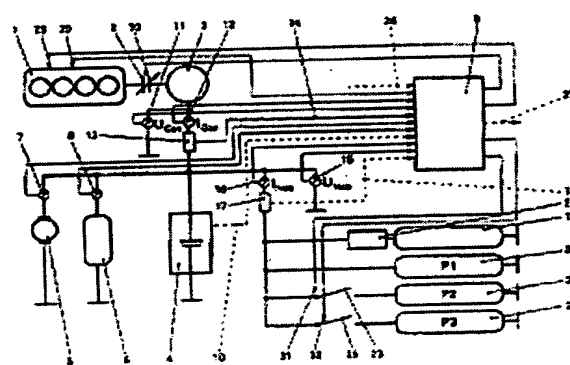
Method and device for operating an electrical system of an electrical vehicle

Patent number: DE4422329
Publication date: 1995-01-19
Inventor: POTT EKKEHARD DIPL ING (DE)
Applicant: VOLKSWAGENWERK AG (DE)
Classification:
- international: B60R16/02; G01R31/36; H02J7/14; G05F1/66
- european: H02J1/14, G01R31/36M2J, G01R31/36V1C1
Application number: DE19944422329 19940627
Priority number(s): DE19944422329 19940627; DE19934323224 19930712

031356 U.S. PTO
10/762766
012104

Abstract of DE4422329

A method for operating an electrical system of an electrical vehicle takes into account the instantaneous capacity of the vehicle battery (4) with the aim of reducing the supply of electrical energy to loads (22, 24), at the same time taking into account the history and the degree of efficiency of production of electrical power given by the instantaneous degrees of efficiency of driving machine (29) and generator (3) (Figure 1).



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Off nlegungsschrift
⑩ DE 44 22 329 A 1

⑤1 Int. Cl.⁶:
B 60 R 16/02
G 01 R 31/36
H 02 J 7/14
G 05 F 1/66

⑳ Aktenzeichen: P 44 22 329.3
㉔ Anmeldetag: 27. 6. 94
㉕ Offenlegungstag: 19. 1. 95

DE 44 22 329 A 1

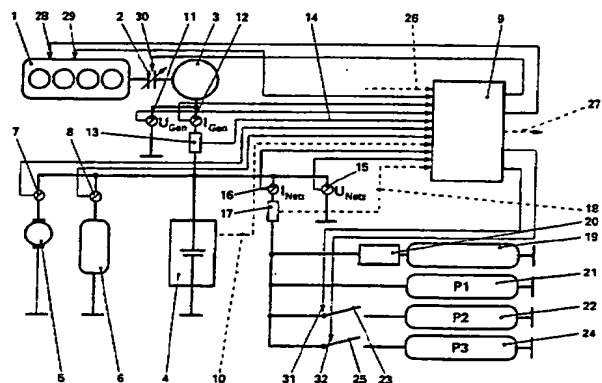
㉓ Innere Priorität: ㉔ ㉕ ㉖
12.07.93 DE 43 23 224.8

㉗ Anmelder:
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

㉘ Erfinder:
Pott, Ekkehard, Dipl.-Ing., 38518 Gifhorn, DE

㉙ Verfahren und Vorrichtung zum Betreiben eines elektrischen Fahrzeug-Bordnetzes

㉚ Ein Verfahren zum Betreiben eines elektrischen Fahrzeug-Bordnetzes berücksichtigt für die Verringerung der Versorgung von Verbrauchern (22, 24) mit elektrischer Energie die momentane Kapazität der Bordbatterie (4) unter Berücksichtigung ihrer Historie und den Wirkungsgrad der elektrischen Energieerzeugung, gegeben durch die momentanen Wirkungsgrade von Antriebsmaschine (29) und Generator (3) (Figur 1).



DE 44 22 329 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 11. 94 408 063/642

8/34

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Ein elektrisches Fahrzeug-Bordnetz enthält bekanntlich eine Vielzahl von Verbrauchern, die von einer Batterie mit elektrischer Energie gespeist werden; zum Aufladen der Batterie dient ein von der Antriebsmaschine des Fahrzeugs, in der Regel einer Brennkraftmaschine, angetriebener Generator. Bekannt ist, daß insb. sondere in der kalten Jahreszeit beim Starten der Maschine die Batteriekapazität häufig nicht ausreicht, um alle eingeschalteten Verbraucher zu speisen. Aus den gattungsbildenden Druckschriften DE-OS 16 30 963, 63C 63/01, und US-PS 4 188 527, B60L 1/02, sind daher bereits Bordnetze bekannt geworden, bei denen beim Abfallen der Batteriespannung einzelne Verbraucher abgeschaltet werden. Dieser Stand der Technik sieht jedoch als einziges Kriterium für diese Verminderung der Speisung einzelner Verbraucher mit elektrischer Energie die jeweilige Spannung der Batterie vor, berücksichtigt also nicht weitere Parameter, wie Alterung und Temperatur der Batterie, und berücksichtigt auch nicht die Verhältnisse im Bereich des Generators, d. h. beim Ladebetrieb.

Demgegenüber sehen die in der DE-PS 37 29 968, H02J 7/14, und der US-PS 4 424 477, H02J 7/32, beschriebenen Verfahren zur Vermeidung einer unerwünschten Batterieentladung einen Eingriff in das Ladesystem in der Weise vor, daß in Abhängigkeit vom Entladestrom der Batterie bzw. der jeweiligen Batteriespannung die Leerlaufdrehzahl der Antriebsmaschine des Fahrzeugs und damit die Drehzahl des Generators geregelt wird. Auch hier werden aber weder weitere, die Eigenschaften der Batterie ändernde Einflüsse, wie das Alter der Batterie, noch der von der jeweiligen Leerlaufdrehzahl abhängige Wirkungsgrad der Antriebsmaschine berücksichtigt.

Die DE-PS 33 13 398, H02J 7/14, beschreibt eine Vorrichtung in einem Kraftfahrzeug mit getrennten Computern zur Regelung des Ladesystems und der Antriebsmaschine. Dabei liefert der der Antriebsmaschine — einer Brennkraftmaschine mit Fremdzündung — zugeordnete Computer an den Computer des Ladesystems Signale für eine maschinenbetriebsoptimale Spannung. Der Computer des Ladesystems erzeugt dann eine Bezugsspannung zur Einstellung einer optimalen Spannung für die Maschine und das Ladesystem. Inwieweit hierbei der momentane Wirkungsgrad von Antriebsmaschine und Ladesystem sowie die jeweiligen Eigenschaften der Batterie eingehen, bleibt offen.

Die Ladezustandsüberwachung nach der EP 0 225 364 B1, H02J 7/14, arbeitet dagegen mit zeitlicher Integration des Batteriestroms inklusive Temperaturkorrektur und Driftkorrektur der Integration anhand der Ruhespannung der Batterie. Dabei steuert der Ladezustand der Batterie auch den Aufladezyklus und die Ladegeschwindigkeit. Diese bekannte Ladezustandsüberwachung beschränkt sich aber, wie der Name besagt, auf die Verhältnisse an bzw. in der Batterie und läßt daher andere wichtige Gesichtspunkte für den Betrieb eines Bordnetzes, wie den Wirkungsgrad der Antriebsmaschine und Maßnahmen im Kreise der Verbraucher, außer Betracht.

Die US-PS 4 617 626, H02J 7/14, beschreibt einen Ladekreis für eine Batterie eines Bordnetzes, in dem der Generator über eine auch für den Schlupfbetrieb ausgelegte Kupplung und ein Getriebe zur Einstellung unterschiedlicher Antriebsübersetzungen mit der Antriebsmaschine in Antriebsverbindung steht. Ein Computer, dem Signale für Batteriespannung und Ausgangsspannung des Generators zugeführt werden, erzeugt Signale zur Ansteuerung des Getriebes und der Kupplung. Auch hier werden aber weder die momentanen Eigenschaften der Batterie noch Verhältnisse im Bereich der Verbraucher selbst berücksichtigt.

Schließlich gehören zum Stand der Technik, und zwar zum Antrieb von Lüftern in Kraftfahrzeugen, sogenannte Viscokupplungen, und zwar auch mit mehreren Drehzahlstufen (ATZ 95 (1993), Seite 242).

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein gattungsgemäßes Verfahren hinsichtlich praktisch aller für ein Fahrzeug-Bordnetz relevanter Kriterien, wie des Wirkungsgrads der elektrischen Energieerzeugung (enthaltend die Wirkungsgrade der Antriebsmaschine und des Generators), der möglichst vollständigen Speisung aller Verbraucher und der momentanen Eigenschaften der Batterie, zu optimieren.

Die erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe besteht in den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs, vorteilhafte Ausbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens beschreiben die Ansprüche 2 bis 4, während Fig. 5 eine zweckmäßige Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens angibt.

Wesentlich für die Erfindung ist also gleichsam die Abwägung zwischen zulässiger Batterieentladung unter Berücksichtigung der aktuellen Eigenschaften der Batterie, Ladebetrieb unter Berücksichtigung des jeweiligen Wirkungsgrads der elektrischen Energieerzeugung mittels des Generators und notwendiger Reduzierung der Belieferung von elektrischen Verbrauchern mit elektrischer Energie, wobei unter dieser Reduzierung auch die Abschaltung einzelner Verbraucher zu verstehen ist. Andererseits kann die Reduzierung in einer echten Verminderung der Energiezufuhr zu einzelnen Verbrauchern beispielsweise durch Pulsweitenmodulation bestehen. So kann beispielsweise eine elektrische Heizung in dieser Weise mit verringerter Energiezufuhr betrieben werden.

Entscheidend für die Frage, ob und in welchem Umfange in diesem Zusammenhang eine zeitweilige Entladung der Batterie zugelassen werden darf, ist die augenblickliche Batteriekapazität $C(t)$. Bezeichnet man mit η_{Lad} den Wirkungsgrad der elektrischen Energieerzeugung, der das Produkt von Maschinenwirkungsgrad bei der jeweiligen Maschinen-drehzahl und Maschinenlast gemäß Motorkennfeld einerseits und Generatorwirkungsgrad bei der jeweiligen Drehzahl und dem jeweiligen Generatorausgangsstrom I_{Gen} , entnommen aus dem Generator-kennfeld, andererseits ist, mit I_{Netz} den Verbraucherstrom, mit i_{Start} den beim Starterbetrieb fließenden Strom, mit i_{EKat} den Heizstrom für einen Abgaskatalysator im Abgassystem der Maschine und mit $i_{\text{Selbstent}}$ den Selbstentladestrom der Batterie, so ergibt sich als Batteriekapazität im Augenblick t , ausgehend von der Batteriekapazität in einem davor liegenden Zeitpunkt $t - 1$, folgender Zusammenhang

$$C(t) = C_{(t-1)} + \eta_{Lad} \cdot \int_{t-1}^t I_{Gen} dt - \int_{t-1}^t (I_{Netz} + i_{Start} + i_{EKat} + i_{Selbstent.}) dt$$

5

mit: I_{Gen} , I_{Netz} über Stromfühler gemessen

$i_{Start} = \text{const.} = i_{Hei\ddot{s}start} (1 + x^n (80^\circ\text{C} - \text{temp})) \text{Kühlwasser}$

(Berücksichtigung des exponentiellen Einflusses der Maschinentemperatur auf die Starterleistung)

10

$i_{EKat} = \text{const.} = 150 - 300 \text{ A}$

$i_{Selbstent.} = \text{const.} (\text{ca. } 1\% \cdot C_{nenn}/24\text{h})$

mit: Korrektur von Nennkapazität und Ladewirkungsgrad durch Berücksichtigung von absolutem Batterialter t_{abs} , Betriebszeit $t_{Betrieb}$, durchschnittlichem Energiedurchsatz \dot{A} und Batterietemperatur temp_{Batt} :

15

$C_{nenn} = C_{nenn,neu} \cdot (1 - X_C(T_{abs}, t_{Betrieb}) - y_C(\dot{A}) - z_C(\text{temp}_{Batt}))$

$\eta_{Lad} = \eta_{Lad,max} \cdot (1 - X_{Lad}(t_{abs}, t_{Betrieb}) - y_{Lad}(\dot{A}) - z_{Lad}(\text{temp}_{Batt}))$

dabei beschreibt:

x eine zeitlich variable Größe mit hohem Anfangswert bei neuen Batterien, starkem Abfall auf ein Minimum nach kurzer Betriebszeit und langsamem Anstieg ab einer charakteristischen Absolutzeit

20

y einen linear oder exponentiell vom durchschnittlichen Energiedurchsatz (Ah/h) abhängigen Alterungsfaktor

z den Einfluß der Batterietemperatur auf Ladung/Entladung sowie verfügbare Kapazität.

Alle Zahlenwerte sind bordnetzspezifische Beispiele.

Die tatsächlich verfügbare Kapazität kann durch Ungenauigkeiten bei der Integration sowie Abweichungen bei den angenommenen Durchschnittswerten für Starter- und Heizstrom i_{EKat} und bei der Selbstentladung von der errechneten Kapazität abweichen. Durch geeignete Parameterwahl kann ein Driften hin zur sicheren Seite, d. h. zu geringeren errechneten statt tatsächlichen Restkapazitäten, garantiert werden. Eine Kalibrierung auf "voll geladen" ist z. B. durch Strombilanzierung nach Abschalten von Starter und i_{EKat} bei geschlossener Generatorkupplung möglich, wenn der tatsächliche Generatorstrom den bei dieser Drehzahl möglichen Generatorstrom für eine charakteristische Zeit t_{char} um einen charakteristischen Wert I_{char} unterschreitet:

25

30

(Batterie voll geladen) = $I_{Gen,max}(n) - I_{Gen,tats}(n) > I_{char}$ für $t > t_{char}$

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnung erläutert, deren Fig. 1 eine schematische Darstellung eines möglichen Fahrzeug-Bordnetzes ist, während Fig. 2 den Regler mit seinen Ein- und Ausgangsgrößen wiedergibt; die Fig. 3, 4 und 5 geben tabellenartig die verschiedenen Verfahrensmaßnahmen an, die in Abhängigkeit von der jeweiligen Batteriekapazität und dem jeweiligen Strombedarf der Verbraucher bei unterschiedlichen Wirkungsgraden der elektrischen Energieerzeugung getroffen werden.

35

Betrachtet man zunächst Fig. 1, so ist bei 1 eine Vierzylinder-Brennkraftmaschine üblichen und daher nicht zu beschreibenden Aufbaus angedeutet. Dabei kann es sich um eine Brennkraftmaschine nach dem Diesel- oder Ottoprinzip handeln; uninteressant in diesem Zusammenhang ist auch die Frage, ob es sich um eine Maschine mit einer anderen Zylinderzahl sowie mit Aufladung handelt.

40

Über die Viscokupplung 2 ist die Maschine 1 antriebsmäßig mit dem Generator 3 verbindbar, der zur Aufladung der Bordbatterie 4 dient.

45

Während des Startbetriebs der Maschine muß die Batterie Energie sowohl zum Startermotor 5 (der auch durch den Generator 3 selber gebildet sein kann) als auch zur Heizvorrichtung 6 eines Abgaskatalysators im Abgassystem der Maschine liefern, der durch Zufuhr elektrischer Energie schnell auf seine Anspringtemperatur gebracht werden muß. Bei 7 und 8 werden Signale für die Dauer des Fließens der Ströme durch Startermotor 5 und Katalysatorheizung 6 erzeugt und zum Bordnetz-Steuergerät 9 geführt. Die Leitung 10 dient zur Übertragung eines Signals für die jeweilige Temperatur der Batterie 4 zum Steuergerät 9.

50

Auch die Ausgangsgrößen des Generators 3, nämlich Generatorspannung U_{Gen} und Generatorstrom I_{Gen} , werden bei 11 und 12 meßtechnisch erfaßt und als Eingangssignale dem Steuergerät 9 zugeführt. Zur Erzeugung eines Stromsignals dient der Shunt 13, dessen Temperatur über die Leitung 14 zum Steuergerät 9 gemeldet wird. Schließlich gelangen zum Steuergerät 9 Signale für elektrische Größen der noch zu beschreibenden Verbraucher, nämlich über den Meßfühler 15 für die Netzspannung U_{Netz} , die mit der Batteriespannung übereinstimmt, und über den Meßfühler 16 für den Netzstrom I_{Netz} , der mittels des Shunts 17 erfaßt wird; die Shunttemperatur wird über die Leitung 18 dem Steuergerät 9 gemeldet.

55

In diesem Ausführungsbeispiel enthält das Bordnetz vier Gruppen von Verbrauchern. Die erste Gruppe umfaßt Beleuchtungseinrichtungen 19, die über den Spannungskonstanthalter 20 im Bedarfsfalle immer mit elektrischer Energie versorgt werden müssen. Entsprechendes gilt für die Verbraucher der Verbrauchergruppe 21, die die höchste Priorität P1 haben. Zu diesen Verbrauchern mit der höchsten Priorität, die also stets mit elektrischer Energie versorgt werden müssen, gehören beispielsweise bei Dieselmotoren Glühkerzen, ferner Motorlüfter, Antilockiereinrichtungen, Motorsteuergerät, Scheibenwischer- und Außenspiegelheizung, Radio und Signalhorn. Es sei aber ausdrücklich darauf hingewiesen, daß einerseits diese Aufzählung nicht vollständig ist und daß andererseits im Bedarfsfall auch eine andere Wichtung erfolgen kann.

60

65

Bezugszeichen 22 betrifft Verbraucher mit Priorität P2, die, falls dies der Ladezustand der Batterie 4 und der Wirkungsgrad der elektrischen Energieerzeugung erfordern, über Pulsweitenmodulation, angedeutet durch den

vom Bordnetz 9 her angesteuerten Schalter 23, auch mit verringerter Energiezufuhr betrieben werden können. Dieser Prioritätsstufe zugeordnet können beispielsweise Heckscheibenwischer, Sitzheizungen und elektrische Schiebedächer sein.

Schließlich enthält das Bordnetz in dem in Fig. 1 angenommenen Ausführungsbeispiel Verbraucher 24 mit der niedrigsten Priorität P3, die ebenfalls in diesem Ausführungsbeispiel durch Pulsweitenmodulation, angedeutet durch den Schalter 25, zeitweilig mit verringerter Energiezufuhr betrieben werden. Verständlicherweise ist es auch möglich, diese Verbraucher im Bedarfsfalle vollständig abzuschalten. Als Beispiel für Verbraucher mit der Priorität P3 seien elektrische Sitzverstellungen, Sitzheizungen und Zigarettenanzünder genannt.

In Fig. 1 ist angenommen, daß dem Steuergerät 9 über die Leitung 26 auch Signale für den letztmaligen Batteriewechsel zugeführt werden, so daß ihm gleichsam das Alter der Batterie 4 bekannt ist. Über seinen Ausgang 27 gibt das Steuergerät 9 dann Informationen über die Notwendigkeit einer Batterieinspektion oder eines erneuten Batteriewechsels ab. Von besonderem Interesse im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist jedoch die im Steuergerät 9 unter Auswertung der ihm zugeführten Signale und in ihm gespeicherten Informationen über den Wirkungsgrad der Maschine 1 (einschließlich Kupplung 2), den Wirkungsgrad des Generators 3 und die jeweilige Batteriekapazität erfolgende Erzeugung von Ansteuersignalen 28 für die jeweilige Leerlaufdrehzahl der Brennkraftmaschine, 29 für die Verstellung des Leistungsstellglieds (Drosselklappe), 30 für die Betätigung der Viscokupplung 2 sowie 31 und 32 für die Pulsweitenmodulationen, symbolisiert durch die Schalter 23 und 25.

Schematisch ist dies nochmals in Fig. 2 angedeutet: Dem Steuergerät 9 werden Signale zugeführt, mit denen es aufgrund in ihm abgespeicherter Daten den momentanen Wirkungsgrad der elektrischen Energieerzeugung, symbolisiert durch das Kästchen A, die momentane (verfügbare) Batteriekapazität B und den jeweiligen Strombedarf C (gemessen am Shunt 17 in Fig. 1) erfaßt und dementsprechend eine Leerlaufregelung D, eine Steuerung E der Viscokupplung 2, eine entsprechend getaktete Versorgung F der Verbraucher 22 mit der Priorität P2 und eine getaktete Versorgung G der Verbraucher 24 mit der Priorität P3 bewirkt.

Dabei ist es möglich, das Steuergerät 9 nach den Regeln der Fuzzy-Technik aufzubauen.

An dieser Stelle sei eingefügt, daß die Verwendung einer Viscokupplung im Antriebsstrang des Generators mit einstufiger Übersetzung den Vorteil eines geringen Restmoments im Leerlaufbetrieb und einer Begrenzung der Maximaldrehzahl des Generators durch Schlupf bei höher ansteigenden Maschinendrehzahlen bietet. Grundsätzlich ist jedoch auch die Verwendung einer anderen Kupplung und ggf. eines Getriebes zur Änderung der Übersetzung möglich.

Die Fig. 3, 4 und 5 zeigen anhand eines Beispiels die Arbeitsweise des Steuergeräts 9 und erläutern damit b) besonders instruktiv das erfindungsgemäße Verfahren:

Die Tabelle nach Fig. 3 gilt für den Fall des momentanen Vorliegens eines niedrigen Wirkungsgrads der elektrischen Energieerzeugung, erhalten als Produkt der momentanen Wirkungsgrade von Maschine 1 nebst Kupplung 2 und Generator 3. In horizontaler Richtung sind unterschiedliche Werte des Strombedarfs des Bordnetzes, in senkrechter Richtung unterschiedliche Werte der momentanen Batteriekapazität angenommen. LL500 bedeutet eine Absenkung der Leerlaufdrehzahl beispielsweise von 600 auf 500 U/min. PWM bedeutet Verminderung der Energiezufuhr durch Pulsweitenmodulation. Betrachtet man beispielsweise das Vorliegen einer hohen Batteriekapazität bei mittlerem Strombedarf, so kann die Leerlaufdrehzahl abgesenkt und der Ladebetrieb durch Öffnen der Kupplung 2 unterbrochen sein. Hinsichtlich des Gesamtwirkungsgrads ergeben sich bei dieser Konstellation optimale Werte.

In Fig. 4, der ein mittlerer Wirkungsgrad der elektrischen Energieerzeugung zugrunde liegt, ist in demselben Fall die Viscokupplung 2 noch geöffnet. Demgegenüber ist bei hohem Wirkungsgrad der elektrischen Energieerzeugung gemäß Fig. 5 die Viscokupplung geschlossen, d. h. der Generator 3 liefert Energie, so daß eine Entladung der Batterie 4 in diesem Fall (hohe Batteriekapazität, mittlerer Strombedarf) vermieden ist. Die Absenkung der Leerlaufdrehzahl ist aufgehoben.

Besonders deutlich wird die optimale Anpassung der Verhältnisse an den Verbrauchern an die jeweiligen Gegebenheiten für die Konstellation niedrige Batteriekapazität/hohes Strombedarf: Bei niedrigem Wirkungsgrad der elektrischen Energieerzeugung erfolgt eine Verminderung der Versorgung der Verbraucher 22 und 24 mit den unteren Prioritäten P2 und P3 durch Pulsweitenmodulation, bei mittlerem Wirkungsgrad der elektrischen Energieerzeugung (Fig. 4) erhalten die Verbraucher 22 wieder eine vollständige Energieversorgung, und bei hohem Wirkungsgrad der elektrischen Energieerzeugung (Fig. 5) werden alle Verbraucher in vollem Umfang mit Energie beliefert.

Mit der Erfindung ist demgemäß ein gattungsgemäßes Verfahren geschaffen, das den Betrieb des Bordnetzes auch unter Wirkungsgradgesichtspunkten und damit auch des Kraftstoffverbrauchs des Fahrzeugs optimiert.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines elektrischen Fahrzeug-Bordnetzes mit einem durch eine Antriebsmaschine des Fahrzeugs antreibbaren Generator zum Laden einer Batterie zum Speisen mehrerer Verbraucher, wobei die Speisung einzelner Verbraucher bei Vorliegen hoher Batteriebelastung zumindest verringert wird, dadurch gekennzeichnet, daß unter Messung von Drehzahl und Last der Antriebsmaschine (1) sowie Drehzahl und Strombedarf des Generators (3) die momentanen Wirkungsgrade von Antriebsmaschine (1) und Generator (3) sowie daraus der momentane Wirkungsgrad (η_{Lad}) der elektrischen Energieerzeugung ermittelt werden, daß ferner unter integraler meßtechnischer Erfassung von Lade- und Entladestrom der Batterie die momentane Batteriekapazität ($C_{(t)}$) ermittelt wird, und daß die Verminderung der Speisung von Verbrauchern (22, 24) bei hoher Batteriebelastung (I_{Netz}) nur dann erfolgt, wenn der Wirkungsgrad (η_{Lad}) der elektrischen Energieerzeugung einen vorgegebenen Minimalwert unterschreitet und zugleich ein bei

- der momentanen Batteriekapazität (i) unzulässig hoher Batterieentladestrom (I_{Netz}) gemessen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verminderung der Speisung durch Abschalten von Verbrauchern (22, 24) erfolgt.
 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verminderung der Speisung durch Pulsweitenmodulation (23, 25) erfolgt.
 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei unterhalb des Minimalwerts liegendem Wirkungsgrad (η_{Lad}) der elektrischen Energieerzeugung der Antrieb des Generators (3) unterbrochen wird.
 5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb eine steuerbare Viscokupplung (2) enthält.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

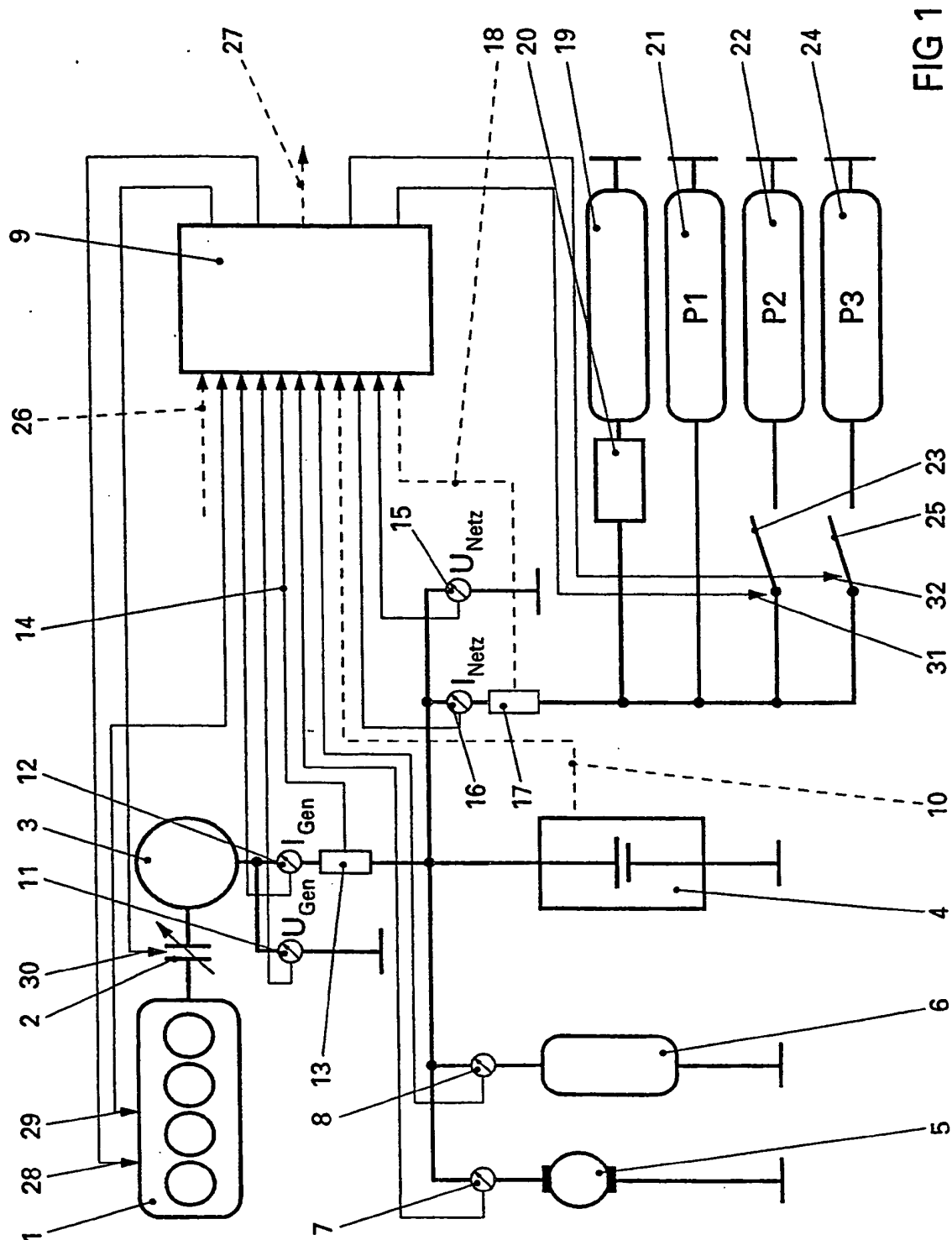


FIG 1

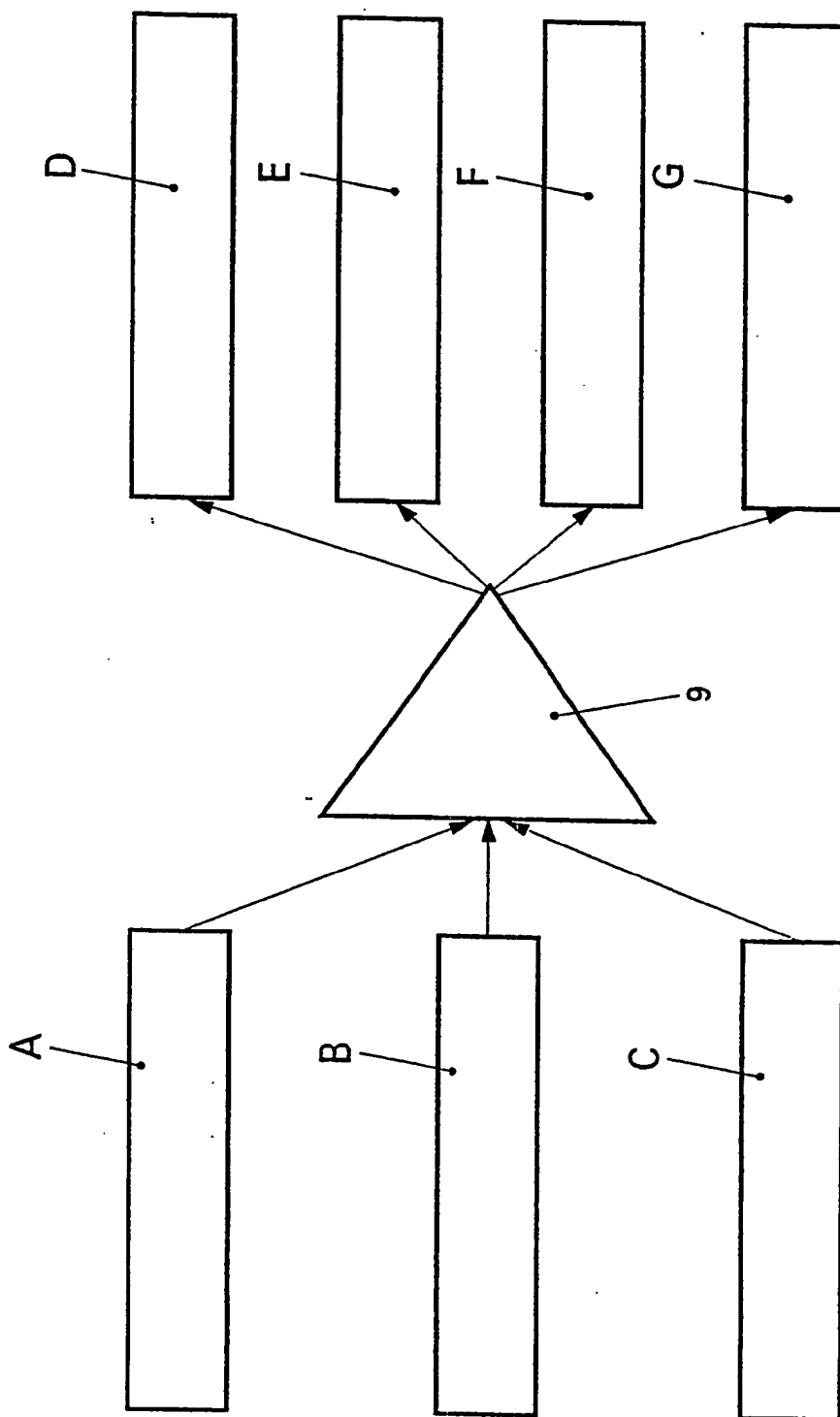


FIG 2

Wirkungsgrad der elektrischen Energieerzeugung NIEDRIG

Batt.kapazität

hoch	LL 500 2 offen	LL 500 2 offen	LL 500 2 offen
mittel	LL 500 PWM an P3	LL 500	LL 500
niedrig	PWM an P2 PWM an P3	PWM an P3	LL 500
	hoch	mittel	niedrig

Strombedarf

FIG 3

Wirkungsgrad der elektrischen Energieerzeugung MITTEL

Batt.kapazität

hoch		LL 500 2 offen	LL 500 2 offen
mittel			
niedrig	PWM an P3		
	hoch	mittel	niedrig

Strombedarf

FIG 4

Wirkungsgrad der elektrischen Energieerzeugung HOCH

Batt.kapazität

hoch			LL 500 2 offen
mittel			
niedrig			
	hoch	mittel	niedrig

Strombedarf

FIG 5